



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenl ungungsschrift
⑩ DE 195 44 391 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
G 01 M 3/18
F 17 D 5/08
G 01 R 31/08
H 01 B 7/32

②1 Aktenzeichen: 195 44 391.8
②2 Anmeldetag: 15. 11. 95
②3 Offenlegungstag: 22. 5. 97

DE 195 44 391 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Goehlich, Lothar, Dipl.-Ing., 12109 Berlin, DE;
Glaese, Ulrike, Dipl.-Ing., 30659 Hannover, DE

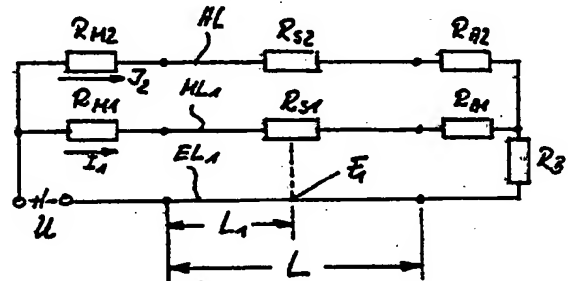
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 43 09 411 A1
DE 43 02 832 A1
DE 40 11 259 A1
DE 39 08 903 A1
DE 37 38 333 A1
DE 28 19 042 A1
DE-OS 24 13 345
GB 22 22 260 A1
US 49 18 977
WO 93 21 507 A2

SCHÄFER, Ingo: Leckageerkennung und -ortung mit
Sensorkabeln. In: messen & prüfen, Mai 1992, S.8-8;

⑤4 Meßschaltung zum Erfassen und Orten von Wassereintrüben an Rohr- oder Kabelanlagen

⑤7 Um an Rohren oder Kabeln auf möglichst einfache Weise einen Wassereintrüben orten zu können, wird eine Meßschaltung verwendet, die einen unter dem Rohr- oder Kabelmantel angeordneten Wassersensor aus einem feuchtigkeitsempfindlich isolierten Meßleiter (ML₁) und einem nichtisolierten Leiter (EL₁) aufweist. Diesem Wassersensor ist ein dritter, gegenüber dem Meßleiter feuchtigkeitsunempfindlich isolierter Hilfsleiter (HL) zugeordnet. Diese drei Leiter sind am Anfang und am Ende des Rohres oder Kabels über Widerstände (R_M, R_A, R_B) so miteinander verbunden, daß bei Anlegen einer Spannung zwischen Meßleiter und nichtisoliertem Leiter in allen Leitern meßbare Ströme fließen, deren Größe sich bei Zutritt von Feuchtigkeit ändert. Aus der Stromverteilung kann der Fehlerort ermittelt werden. Bei zweiladrigen Rohr- oder Kabelanlagen ist der Hilfsleiter als Meßleiter (ML) ausgebildet und in der zweiten Rohr- oder Kabelader angeordnet. Bei dreiladrigen Rohr- oder Kabelanlagen ist ein weiterer Meßleiter (ML) im dritten Rohr bzw. in der dritten Kabelader angeordnet.



DE 195 44 391 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 97 702 021/465

12/25

Beschreibung

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Fehlerortung an Rohren und elektrischen Kabeln bzw. an mehradri-
gen Rohr- oder Kabelanlagen und befaßt sich mit der Ausgestaltung einer Meßschaltung, mit der ein Feuchtig-
keitseinbruch in Rohre und Kabel bzw. Kabeladern erfaßt und geortet werden kann. Die Meßschaltung arbeitet
dabei mit elektrischen Meßfühlern, die in den Rohren oder Kabeln bzw. Kabeladern angeordnet sind.

Zur Realisierung einer solchen Meßschaltung an einem geschirmten Starkstromkabel mit Kunststoffmantel ist
es bekannt, längs der Schirmdrähte des Kabels bzw. der Kabelader einen Meßleiter anzuordnen, der in eine
Ummantelung aus einem elektrisch isolierenden Material mit bei Feuchtigkeit gegenüber dem trockenen Zu-
stand vermindertem Isoliervermögen eingebettet ist. Der Meßleiter kann dabei aus einer Widerstandslegierung
bestehen. Dieser Meßleiter bildet zusammen mit einem nichtisolierten Leiter, bei dem es sich um geerdete
Schirmdrähte handeln kann, einen Wassersensor, der zusammen mit einem Hilfsleiter, bei dem es sich um einen
gegenüber dem Meßleiter feuchtigkeitsunempfindlich isolierten Leiter handelt, sowie mit einer Spannungsquelle
und zwei veränderlichen Widerständen in eine Art Brückenschaltung einbezogen ist, in die noch ein Nullindika-
tor eingeschaltet ist. Durch Nullabgleich kann ein Fehlerort ermittelt werden (DE 37 36 333 A1).

Bei einer anderen bekannten Meßschaltung wird als Meßleiter ein hochohmiger Leiter verwendet, der
zusammen mit einem Schirmdraht einen Wassersensor in Form einer an einem Ende offene Meßschleife bildet.
Am anderen Ende der Meßschleife ist ein Widerstandsmeßgerät angeordnet; mit Hilfe eines weiteren Meßgerä-
tes und eines zusätzlichen, isolierten Leiters muß zuvor die mit einem Mantelfehler behaftete Kabelader
ermittelt werden. Die Anwendung dieser Meßschaltung ist wegen der Gefahr betriebsmäßiger Überspannungen
bei Starkstromkabelanlagen auf Kabellängen von max. 500 bis 1000 m beschränkt (DE 39 08 903 A1).

Zur Ortung von Wassereinbrüchen an Kabelanlagen größerer Länge ist weiterhin eine Meßschaltung be-
kannt, bei der als Meßleiter ebenfalls ein hochohmiger Leiter verwendet wird und bei der die aus Meßleiter und
geerdetem Metalldraht bestehende Meßschleife am fernen Ende des Kabels über eine Diode geschlossen ist.
Diese Meßschleife wird mit einem rechteckförmigen Wechselstrom sehr niedriger Frequenz beaufschlagt. Am
Ende jeder Stromhalbwellen wird der in der Meßschleife fließende Strom gemessen; jeweils zwei aufeinanderfol-
gende Meßwerte werden einer Auswerteinrichtung zugeführt. Diese Art der Fehlerortung muß bei mehradri-
gen Kabelanlagen für jede Kabelader gesondert durchgeführt werden (DE 43 02 832 A1).

Ausgehend von einer Meßschaltung mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1 liegt der
Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Detektion und Ortung eines Wassereinbruches an Rohren und Kabeln zu
vereinfachen und bei Kabelanlagen der Ausgestaltung der Meßschaltung im Hinblick auf das Auftreten von
induzierten Spannungen Rechnung zu tragen.

Zur Lösung der allgemeinen Aufgabe ist vorgesehen, daß der Meßleiter und der Hilfsleiter am Ende des
Rohres oder Kabels jeweils über einen Abschlußwiderstand auf einen gemeinsamen Belastungswiderstand
geschaltet sind, der seinerseits mit dem nichtisolierten Leiter verbunden ist, und daß am Anfang des Rohres oder
Kabels der Meßleiter und der Hilfsleiter jeweils mit einem Meßwiderstand beschaltet und die beiden Meßwider-
stände und der nichtisolierte Leiter in beliebiger Kombination mit den beiden Polen einer Spannungsquelle
verbunden sind oder beide Meßwiderstände mit dem nichtisolierten Leiter verbunden sind und der Meßleiter
und der nichtisolierte Leiter innerhalb des Rohres oder Kabels die beiden Pole einer durch Feuchtigkeitseinwir-
kung aktivierbaren Spannungsquelle bilden.

Eine derart ausgebildete Meßschaltung sieht im wesentlichen vor, die beiden Leiter des elektrischen Wasser-
sensors und den Hilfsleiter sowohl am Ende als auch am Anfang des Rohres oder Kabels so miteinander zu
verkopplern, daß ein Wassereinbruch mit einer einzigen Messung ohne Einstellung von Widerständen erfaßt und
geortet werden kann. Während die Verkopplung der beiden Leiter des Wassersensors und des Hilfsleiters am
Ende des Rohres oder Kabels für verschiedene Ausführungsformen der Meßschaltung immer dieselbe ist, kann
die Verkopplung am Anfang des Rohres oder Kabels auf unterschiedliche Weise vorgenommen werden. Neben
der direkten Verbindung der beiden Meßwiderstände des Meßleiters und des Hilfsleiters mit dem nichtisolierten
Leiter bei Ausgestaltung des Meßleiters und des nichtisolierten Leiters als Pole einer durch Feuchtigkeitseinwir-
kung aktivierbaren "inneren" Spannungsquelle (s. Patentanmeldung P 195 27 972.7) kann man bei Verwendung
einer äußeren Spannungsquelle nur den Meßwiderstand des Meßleiters oder nur den Meßwiderstand des
Hilfsleiters direkt an den einen Pol der Spannungsquelle legen und den Meßwiderstand des jeweils anderen
Leiters zusammen mit dem nichtisolierten Leiter an den anderen Pol der Spannungsquelle legen. In diesem Fall
wird entweder der Meßleiter oder der Hilfsleiter gewissermaßen vom Kabelende her mit Spannung beauf-
schlagt; zum anderen kann man aber auch sowohl den Meßwiderstand des Meßleiters als auch den Meßwider-
stand des Hilfsleiters gemeinsam an den einen Pol der Spannungsquelle und den nichtisolierten Leiter an den
anderen Pol der Spannungsquelle legen. In jedem Fall ergibt sich in dem so gebildeten Widerstandsnetzwerk
eine Stromverteilung, die im Fehlerfall von der normalen Stromverteilung charakteristisch abweicht und die an
den Meßwiderständen erfaßt werden kann. Dabei gewährleisten die beiden Arbeitswiderstände, daß auch ein
sehr dicht am Rohr- oder Kabelende auftretender Fehler sicher geortet werden kann. Sofern bei Rohren oder
Kabeln aufgrund der Umgebungsbedingungen ausgeschlossen werden kann, daß im Endbereich des Rohres
oder Kabels ein Feuchtigkeitseinbruch auftreten kann, kann der Widerstandswert des Arbeitswiderstandes
gegen Null gehen, d. h. der Arbeitswiderstand kann entfallen.

Die neue Meßschaltung hat den weiteren Vorteil, daß sie auf einfache Weise auch auf mehradriges Rohr- oder
Kabelanlagen, insbesondere auf dreiadrige Kabelanlagen erweitert werden kann. Bei Einsatz für zwei-
adriges Rohr- oder Kabelanlagen, bei denen also zwei Rohre oder Kabel parallel nebeneinander angeordnet sind, ist
hierzu der dem Wassersensor des ersten Kabels zugeordnete Hilfsleiter in dem parallel zum ersten Rohr oder
Kabel angeordneten zweiten Kabel oder Rohr anzuordnen und mit einer feuchtigkeitsempfindlichen Isolierung
zu versehen, damit er in dem zweiten Kabel die Funktion eines Meßleiters wahrnehmen kann; dadurch, daß er

innerhalb des zweiten, ummantelten Rohres oder Kabels angeordnet ist, bleibt er gegenüber dem Meßleiter des ersten Kabels feuchtigkeitsunempfindlich isoliert. Zusätzlich ist in dem zweiten Rohr oder Kabel ebenfalls ein nicht isolierter Leiter anzuordnen, der am Anfang und am Ende des zweiten Rohres oder Kabels mit dem nichtisolierten Leiter des ersten Rohres oder Kabels zu verbinden ist.

Bei Ausdehnung der Meßschaltung auf eine dreiadrige Rohr- oder Kabelanlage sind auch unter dem Mantel des dritten Rohres oder Kabels ein feuchtigkeitsempfindlicher Meßleiter und ein nichtisolierter Leiter anzuordnen; dieser dritte Meßleiter ist am Anfang des dritten Rohres oder Kabels ebenfalls mit einem Meßwiderstand zu beschalten und am Ende des Rohres oder Kabels mit einem Abschlußwiderstand zu beschalten und dieser Abschlußwiderstand ist auf den gemeinsamen Belastungswiderstand der beiden anderen Rohre oder Kabel zu schalten, wobei der nichtisolierte Leiter des dritten Kabels am Anfang und am Ende des Rohres oder Kabels mit den nichtisolierten Leitern der beiden anderen Rohre oder Kabel zu verbinden ist; weiterhin ist der Meßwiderstand des dritten Meßleiters ebenfalls mit einem der beiden Pole der Spannungsquelle bzw. mit dem nichtisolierten Leiter zu verbinden.

Aus meßtechnischen Gründen ist es sinnvoll, den bzw. die nichtisolierten Leiter am Anfang und/oder am Ende des Rohres oder Kabels bzw. der Rohr- oder Kabelanlage zu erden. In diesem Fall können bei elektrischen Kabelanlagen die Schirmdrähte des jeweiligen Kabels als nichtisolierter Leiter fungieren.

Bei Einsatz der neuen Meßschaltung an mehradrigen Kabelanlagen, insbesondere an Hochspannungskabelanlagen, ist zusätzlich zu berücksichtigen, daß die Wassersensoren und damit auch der meßtechnische Zugang zur Kabelanlage möglichst gegen das Auftreten unzulässig hoher induzierter Wechselspannungen, die im Betrieb der Kabelanlage ihre Ursache haben, zu schützen sind. Dem wird zum Teil schon dadurch Rechnung getragen, daß jeder Meßleiter mit einem Abschlußwiderstand beschaltet ist, dessen Widerstandswert zweckmäßig etwa 20% des Widerstandswertes des Meßleiters beträgt. Dabei wird für den Meßleiter zweckmäßig ein Leiter mit einem Widerstandswert zwischen 0,01 und 10^3 Ohm/m gewählt. Als weitere Maßnahme sollte am Anfang und am Ende jeder Kabelader zwischen dem Meßleiter und dem nichtisolierten Leiter jedes Wassersensors ein Überspannungsableiter geschaltet sein. Bei einer Meßschaltung, die die Einspeisung derselben Spannung in alle Meßleiter vorsieht, sollte weiterhin zwischen den Meßwiderständen und der Spannungsquelle ein Relais angeordnet sein und ein Ruhekontakt dieses Relais die Meßwiderstände mit den nichtisolierten Leitern der Wassersensoren verbinden. Dadurch wäre gewährleistet, daß die Meßleiter am Anfang der Kabelstrecke jederzeit entweder über die Spannungsquelle niederohmig oder über die Relaiskontakte direkt wechsellspannungsmäßig geerdet sind. — Bei Hochspannungskabelanlagen mit ausgekreuzten Kabelmänteln ist darauf zu achten, daß die Meßleiter ebenfalls ausgekreuzt werden.

Die für die Durchführung des neuen Meßverfahrens erforderlichen Bauteile (im wesentlichen Widerstände) können an den Enden der Kabeladern entweder direkt auf den Kabeladern und/oder in einem Gehäuse angeordnet werden. Dadurch entfallen besondere Verbindungsleitungen und es wird dem gewohnten Anlagenbau Rechnung getragen.

Mehrere Ausführungsbeispiele von Meßschaltungen zur Durchführung des neuen Meßverfahrens sind in den Fig. 1 bis 12 dargestellt. Dabei zeigt

Fig. 1 eine Meßschaltung, bei der die Meßleiter einer dreiadrigen Kabelanlage parallel mit derselben Meßspannung beaufschlagt werden,

Fig. 2 ein für die eigentliche Messung relevantes Ersatzschaltbild der Meßschaltung gemäß Fig. 1 und

Fig. 3 die Veränderung des Ersatzschaltbildes gemäß Fig. 2 bei Auftreten eines Wassereintrittes. Weiterhin zeigt

Fig. 4 eine Meßschaltung, bei der jeweils ein Meßleiter einer dreiadrigen Kabelanlage an eine Meßspannung gelegt und die anderen Meßschleifen am meßseitigen Ende kurzgeschlossen werden,

Fig. 5 ein für die meßtechnischen Belange relevantes Ersatzschaltbild der Meßschaltung gemäß Fig. 2 und

Fig. 6 die Veränderung des Ersatzschaltbildes gemäß Fig. 5 bei Auftreten eines Wassereintrittes.

Fig. 7 eine Meßschaltung für ein ein- oder dreiadriges Kabel mit einem feuchtigkeitsunempfindlich isolierten Hilfsleiter gemäß Patentanspruch 1,

Fig. 8 eine Variante der Meßschaltung gemäß Fig. 7 am Anfang des Kabels,

Fig. 9 eine Meßschaltung für ein ein- oder mehradriges elektrisches Kabel, bei dem der Meßleiter und der nicht isolierte Leiter eine durch Feuchtigkeitseinwirkung aktivierbare Spannungsquelle gemäß Patentanspruch 1 bilden,

Fig. 10 eine Erweiterung der Meßschaltung gemäß Fig. 7 für eine zweiadrige Kabelanlage,

Fig. 11 und 12 zwei Varianten der Meßschaltung gemäß Fig. 5, wobei die Variationen den am Anfang der Kabelanlage liegenden Teil der Meßschaltung betreffen.

In den Fig. 1 bis 12 werden die einzelnen Schaltungselemente mit Buchstaben bzw. Buchstabenkombinationen bezeichnet, deren Bedeutung nachfolgend aufgeführt ist:

L Länge eines Kabels oder einer zwei- bzw. dreiadrigen Kabelanlage,

L_1 Abstand der Schadenstelle vom Anfang der Kabelanlage,

F_1 Ort eines Wassereintrittes, Schadenstelle,

ML der in jedem Kabel oder jeder Kabelader im Schirmbereich angeordnete Meßleiter eines Wassersensors,

HL der in einem ein- oder mehradrigen Kabel angeordnete Hilfsleiter,

EL der in jedem Kabel oder jeder Kabelader im Schirmbereich angeordnete nichtisolierte, geerdete Leiter des Wassersensors, z. B. ein Schirmdraht,

R_M der jedem Meßleiter vorgeschaltete Meßwiderstand,

R_S Gesamtwiderstand der einzelnen Meßleiter, mit $R_S' =$ längenspezifischer Widerstand,

R_H Widerstand des Hilfsleiters,

R_A Abschlußwiderstände, mit denen die Meßleiter der Wassersensoren beschaltet sind,

R_B ein allen Meßleitern gemeinsamer Belastungswiderstand,
 $ÜA$ die am Anfang und am Ende jeder Kabelader angeordneten Überspannungsableiter,
 GA Gehäuse für die Überspannungsableiter,
 GW am Ende der Kabelanlage angeordnet es Gehäuse zur Aufnahme der Widerstände R_A und R_B ,
 U eine äußere Spannungsquelle,
 U_i eine innere Spannungsquelle,
 A, B, C ein Relais mit den Ruhekontakten a, b und c ,
 I Strom durch den Meßwiderstand eines Meßleiters.

Unter Berücksichtigung dieser Bezeichnungen und ihrer Bedeutungen zeigt Fig. 7 in Anlehnung an die Meßschaltung gemäß DE 37 36 333 eine Meßschaltung, bei der in einem beispielsweise dreiadrigen Kabel der Länge L ein Meßleiter ML_1 , ein Hilfsleiter HL und ein nichtisolierter, geerdeter Leiter EL_1 entweder in den Zwischenräumen oder im Schirmbereich angeordnet sind. Der Widerstand des Meßleiters ist dabei mit R_{S1} und der Widerstand des Hilfsleiters R_{S2} bezeichnet. Sowohl dem Meßleiter als auch dem Hilfsleiter ist jeweils ein Meßwiderstand RM_1 bzw. RM_2 vorgeschaltet; beide Meßwiderstände sind gemeinsam an den einen Pol einer Spannungsquelle U gelegt. — Sowohl dem Meßleiter als auch dem Hilfsleiter ist jeweils ein Arbeitswiderstand RA_1 bzw. RA_2 nachgeschaltet, wobei beide Arbeitswiderstände auf einen Belastungswiderstand R_B geschaltet sind. Dieser Belastungswiderstand ist weiterhin mit dem nichtisolierten, geerdeten Leiter EL_1 verbunden, der seinerseits an den anderen Pol der Spannungsquelle geschaltet ist. Bei dieser Spannungsquelle kann es sich um eine Gleichspannungsquelle oder um eine rechteckförmige Wechsellspannungsquelle sehr niedriger Frequenz handeln.

Jedem Meßwiderstand RM_1 bzw. RM_2 ist ein nicht näher dargestelltes Strommeßgerät zugeordnet, mit dem die Ströme I_1 und I_2 gemessen werden. Bei Auftreten eines Mantelfehlers, der mit einem Wassereintrich verbunden ist, an einer Schadenstelle F_1 in einer Entfernung L_1 vom Anfang der Kabelanlage bildet sich an der Schadenstelle ein Übergangswiderstand zwischen dem Meßleiter ML_1 und dem geerdeten Leiter EL_1 , wodurch die Stromverteilung über die Meßwiderstände RM_1 und RM_2 verändert wird. Aus dem dann vorliegenden Widerstandsnetzwerk mit den bekannten Widerständen und den gemessenen Strömen kann der Fehlerort errechnet werden. Dies erfolgt zweckmäßig mit Hilfe eines entsprechend programmierten Mikrochips im Meßgerät.

Gemäß Fig. 8 kann die Meßschaltung am Anfang des Kabels auch so ausgebildet sein, daß nur der Meßwiderstand RM_2 gegen den einen Pol der Spannungsquelle und der Meßwiderstand RM_1 gemeinsam mit dem nichtisolierten Leiter EL_1 gegen den anderen Pol der Spannungsquelle geschaltet wird. Alternativ können die Anschlüsse der beiden Meßwiderstände vertauscht werden.

Fig. 9 zeigt eine Meßschaltung, bei der der Meßleiter ML_{11} und der nichtisolierte, geerdete Leiter EL_1 eine potentielle galvanische Spannungsquelle bilden, wie es in der älteren Patentanmeldung P 195 27 972/7 beschrieben ist. Der gegenüber dem Meßleiter ML_{11} feuchtigkeitsempfindlich isolierte Hilfsleiter HL ist dagegen als normaler elektrischer Leiter ausgebildet. Im Falle eines Feuchtigkeitseinbruches entsteht so innerhalb des Kabels eine Spannungsquelle U_i , die zu Strömen über die beiden Meßwiderstände RM_1 und RM_2 führt, wenn diese am Anfang des Kabels gemeinsam mit dem nichtisolierten Leiter EL_1 verbunden und am Ende des Kabels über jeweils einen Arbeitswiderstand RA_1 bzw. RA_2 und einen gemeinsamen Belastungswiderstand R_B ebenfalls mit dem nichtisolierten Leiter EL_1 verbunden sind.

Die Schaltung gemäß Fig. 9 ist auch für zweiadrige Kabelanlagen anwendbar, wenn der Hilfsleiter HL im zweiten Kabel angeordnet ist und mit dem dort zusätzlich angeordneten nichtisolierten, geerdeten Leiter EL_2 ebenfalls eine potentielle galvanische Spannungsquelle bildet. Der im zweiten Kabel angeordnete Leiter EL_2 ist am Anfang und am Ende der Kabelanlage mit dem nichtisolierten Leiter EL_1 des ersten Kabels zu verbinden, wie es gestrichelt in der Figur dargestellt ist.

Die Meßschaltung gemäß Fig. 9 kann auch auf dreiadrige Kabelanlagen erweitert werden, wenn in der dritten Kabelader ebenfalls ein entsprechender Meßleiter und ein nichtisolierter Leiter angeordnet werden und der Meßleiter und der geerdete, nichtisolierte Leiter gemäß Patentanspruch 3 in die Meßschaltung einbezogen werden.

Fig. 10 zeigt eine Meßschaltung, die gemäß Patentanspruch 2 für eine zweiadrige Rohr- oder Kabelanlage vorgesehen ist. In jeder der beiden getrennt nebeneinander angeordneten Kabeladern sind ein Meßleiter ML_1 bzw. ML_2 und ein nicht isolierter, geerdeter Leiter EL_1 bzw. EL_2 angeordnet. Jeder Meßleiter, der mit einer feuchtigkeitsempfindlichen Isolierung versehen ist, ist am Anfang der Kabelanlage mit einem Meßwiderstand RM_1 bzw. RM_2 und am Kabelende mit einem Arbeitswiderstand RA_1 bzw. RA_2 beschaltet. Die beiden Arbeitswiderstände sind auf einen Belastungswiderstand R_B geschaltet, der seinerseits mit dem Erdleiter EL_1 verbunden ist. Gleichzeitig ist der Erdleiter EL_2 der zweiten Kabelader am Anfang und am Ende der Kabelanlage mit dem Erdleiter EL_1 verbunden. — Die beiden Meßwiderstände RM_1 und RM_2 sind an den einen Pol einer Spannungsquelle U , die beiden nichtisolierten, geerdeten Leiter EL_1 und EL_2 an den anderen Pol dieser Spannungsquelle gelegt. Alternativ kann am Anfang der Kabelanlage eine Meßschaltung gemäß Fig. 8 gewählt werden.

Fig. 1 zeigt eine Meßschaltung für eine dreiadrige Kabelanlage, bei der jede der drei parallel angeordneten Kabeladern die Länge L aufweist. Im Schirmbereich jeder Kabelader sind ein Meßleiter ML und ein geerdeter Rückleiter EL angeordnet. Am Anfang und am Ende der Kabelanlage ist jeweils ein Überspannungsableiter $ÜA$ zwischen dem Meßleiter und den geerdeten Leiter geschaltet.

Am Ende der Kabelanlage ist jeder Meßleiter ML mit einem Abschlußwiderstand RA beschaltet. Die Abschlußwiderstände RA_1 bis RA_3 sind auf einem gemeinsamen Belastungswiderstand R_B geschaltet, der seinerseits geerdet und mit den geerdeten Leitern EL_1 bis EL_3 der Meßschleifen verbunden ist. Am Anfang der Kabelanlage ist jeder Meßleiter ML mit einem Meßwiderstand RM_1 , bzw. RM_2 bzw. RM_3 beschaltet. Die Meßwiderstände RM_1 bis RM_3 sind gemeinsam über die Wicklung eines Relais A an den negativen Pol einer Gleichspannungsquelle geschaltet, deren positiver Pol mit den geerdeten Leitern der Meßschleifen verbunden ist. Dabei sind die

Meßwiderstände und die Meßspannungsquelle in einem Meßgerätegehäuse GM angeordnet, das auch die nicht näher bezeichneten Meßgeräte zum Erfassen der durch die Meßwiderstände fließenden Ströme I_1 , I_2 und I_3 aufnimmt. Weiterhin enthält das Gehäuse nicht näher dargestellte elektronische Einrichtungen zur Auswertung der gemessenen Ströme.

Wenn die Spannung der Spannungsquelle U nicht aktiviert ist, überbrückt der Ruhekontakt a die Spannungsquelle U und schaltet damit die Meßwiderstände R_M gegen Erde. Dadurch sind die Meßleiter jederzeit elektrisch so abgeschlossen, daß bei allen Betriebszuständen keine gefährlichen Spannungen zwischen den Meßleitern ML und dem Kabelschirm auftreten können. Im Rahmen dieser Schutzmaßnahme begrenzt der ohmsche Widerstand jedes Meßleiters zusammen mit den angeschalteten Widerständen den induzierten Strom. Durch Wahl der Abschlußwiderstände R_A auf maximal 20% des Widerstandes des einzelnen Meßleiters beträgt die Wechselspannung am Abschlußwiderstand ebenfalls nur ca. 20% der induzierten Spannung. Mit Hilfe von zusätzlichen induktiven Widerständen können die Wechselspannungen an den Meßwiderständen noch wirksamer reduziert werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, am Anfang und am Ende der Kabelstrecke die Meßleiter unmittelbar nach dem Herausreten aus dem Kabelmantel noch im Anschlußbereich von Endverschlüssen, Schaltereinführungen oder Kabelsteckern zwischen dem Überspannungsableiter und dem Meßwiderstand über einen Relaiskontakt, der im Fehlerfall von der Meßeinrichtung angesteuert wird, zu erden, um nach Auftreten und Orten eines Fehlers einen Stromfluß über die Schadensstelle zu unterbinden.

Gemäß Fig. 2 treibt eine an die Meßschleife angelegte Meßspannung U Ströme I_1 , I_2 und I_3 durch die jeweiligen Meßleiter. Zur Vereinfachung des Schaltungsaufwandes empfiehlt es sich, alle Sensorwiderstände und alle Abschlußwiderstände gleich groß zu wählen. Dann sind bei nicht beschädigten Kabelmänteln die drei gemessenen Ströme innerhalb eines Toleranzbandes gleich groß. Bei Auftreten einer Schadensstelle gemäß Fig. 3 an dem Ort F_1 dringt in den Schirmbereich des beschädigten Kabels Wasser ein, wodurch der Isolationswiderstand zwischen dem Meßleiter und dem geerdeten Leiter einer Meßschleife erheblich verkleinert wird. Der reduzierte Widerstand ist schaltungstechnisch durch den Widerstand R_0 berücksichtigt. Durch diesen Übergangswiderstand wird der Stromfluß innerhalb der Schaltung gemäß Fig. 2 verändert; das bedeutet bei einem Fehler in der Kabelader 1, daß der Strom I_1 größer ist als die Ströme I_2 und I_3 , die weiterhin untereinander gleich sind. Unter Berücksichtigung der bekannten Größen der Schaltungswiderstände kann der Fehlerort in der Kabelader 1, gemessen vom Kabelanfang, mit nachfolgender Gleichung ermittelt werden, wenn der Strom I_1 um mindestens 5% größer ist als die Ströme I_2 und I_3 :

$$L_1 = \frac{R_B \cdot R_M \cdot (I_2 - I_1) - (L \cdot R_S' + R_A) \cdot [(U - (R_M + R_A + L \cdot R_S') \cdot I_2) - R_B \cdot (2I_2 + I_3)]}{R_S' \cdot [R_B \cdot (I_1 + I_2 + I_3) - U + (R_M + R_A + L \cdot R_S') \cdot I_2]}$$

Diese Rechenoperation kann von einem Mikrocomputer ausgeführt und das Ergebnis zur Anzeige gebracht werden.

Die Meßschaltung gemäß Fig. 4 unterscheidet sich von der Meßschaltung nach Fig. 1 nur durch die Beschaltung am Anfang der Kabelstrecke. Innerhalb des Meßgerätes GM ist dabei dem Meßleiter und dem geerdeten Rückleiter jeder Meßschleife ein eigener Spannungsabgriff zugeordnet, wobei zwischen dem jeweiligen Meßwiderstand R_M und dem Spannungsabgriff ein Relais A bzw. B bzw. C angeordnet ist, dessen Ruhekontakt a bzw. b bzw. c normalerweise den Meßwiderstand erdet. Sofern an die jeweilige Meßschleife eine Spannung U angelegt wird, öffnet der Ruhekontakt und über den Meßwiderstand wird ein Strom in die Meßschaltung eingespeist. Bei Anlegen einer Spannung U an den Spannungsabgriff des Meßleiters ML_1 werden die Meßleiter ML_2 und ML_3 vom Kabelende her mit einer Spannung beaufschlagt, wie es aus dem vereinfachten Ersatzschaltbild gemäß Fig. 5 zu erkennen ist. Demzufolge fließen auch Ströme durch die Meßwiderstände R_{M2} und R_{M3} . Im Falle eines Wassereintrittes in eine Kabelader gemäß Fig. 6 werden an der Schadensstelle F_1 der Meßleiter ML_1 und der geerdete Rückleiter EL_1 der ersten Meßschleife über einen Übergangswiderstand R_0 verbunden, wodurch die Ströme durch die Meßwiderstände R_{M1} , R_{M2} und R_{M3} in ihrem Verhältnis zueinander verändert werden.

Für diese Schaltung errechnet sich die Lage des Fehlerortes aus der nachfolgenden Gleichung, wobei davon ausgegangen wird, daß die Meßspannung an der Meßschleife anliegt, deren Kabelader den Wassereintritt aufweist:

$$L_1 = \frac{U - R_M \cdot \left(I_1 + \frac{R_M + R_S' \cdot L + R_A + R_B}{R_B} \cdot I_2 + I_3 \right) + (R_M + R_S' \cdot L + R_B) \cdot \left(\frac{R_M + R_S' \cdot L + R_A + 2R_B}{R_B} \cdot I_2 + I_3 \right)}{R_S' \cdot \left(I_1 + \frac{R_M + R_S' \cdot L + R_A + R_B}{R_B} \cdot I_2 + I_3 \right)}$$

Mit zwei Zahlenbeispielen soll abschließend die praktische Auslegung der beiden Schaltungen demonstriert werden. Unter der Annahme, daß bei der Kabelanlage gemäß Fig. 1

$L = 1000 \text{ m}$,
 $R_B = 560 \text{ Ohm}$,
 $R_A = R_{A1} = R_{A2} = R_{A3} = 330 \text{ Ohm}$,
 $R_M = R_{M1} = R_{M2} = R_{M3} = 1000 \text{ Ohm}$,
 $R_S' = 6,6 \text{ Ohm/m}$, d. h. $R_S = R_{S1} = R_{S2} = R_{S3} = 6,6 \text{ kOhm}$,
 $U = 6,126 \text{ V}$,
 $I_1 = 1,418 \times 10^{-3} \text{ A}$,
 $I_2 = 0,744 \times 10^{-3} \text{ A}$ und
 $I_3 = 0,744 \times 10^{-3} \text{ A}$

betragen, beträgt der Abstand L_1 des Fehlerortes vom Anfang der Kabelstrecke 501,3 m, wobei der Fehler in der Kabelader 1 vorliegt.

Unter der Annahme, daß bei einer Schaltung gemäß Fig. 4

$L = 1000 \text{ m}$,
 $R_B = 100 \text{ Ohm}$,
 $R_A = R_{A1} = R_{A2} = R_{A3} = 100 \text{ Ohm}$,
 $R_M = R_{M1} = R_{M2} = R_{M3} = 100 \text{ Ohm}$,
 $R_S' = 1 \text{ Ohm/m}$, d. h. $R_S = R_{S1} = R_{S2} = R_{S3} = 1 \text{ kOhm}$,
 $U = 10 \text{ V}$,
 $I_1 = 12,00 \times 10^{-3} \text{ A}$,
 $I_2 = 0,443 \times 10^{-3} \text{ A}$ und
 $I_3 = 0,443 \times 10^{-3} \text{ A}$

betragen, beträgt der Abstand L_1 des Fehlerortes vom Kabelanfang 249,4 m, wobei die Fehlerstelle ebenfalls in der Kabelader 1 liegt.

Zur Vervollkommen der Schaltungen gemäß Fig. 1 und 2 können am Anfang und Ende jeder Kabelstrecke zwischen dem jeweiligen Meßleiter und dem geerdeten Leiter bzw. dem Kabelschirm Schalter angeordnet sein. Diese Schalter werden im Falle eines detektierten Wassereintrittes in der betreffenden Kabelader automatisch nach Abschluß der Ortungsmessung geschlossen. Dadurch werden das Fließen von induzierten Wechselströmen über die Fehlerstelle und eine daraus resultierende Erwärmung vermieden. Bei den hierzu verwendeten Schaltern kann es sich beispielsweise um Kontakte von Relais handeln, deren Spulen sich jeweils in den Stromkreisen der Wassersensoren befinden. Die Spulen und Kontakte sind dabei zu den Stromkreisen zyklisch vertauscht. Wenn beispielsweise ein Mantelfehler in der Kabelader 1 auftritt, wird der Meßleiter des Wassersensors der Kabelader 2 mit einer Spannung beaufschlagt, die das im Stromkreis dieses Wassersensors befindliche Relais erregt; dessen Arbeitskontakt erdet in der fehlerbehafteten Kabelader 1 den Meßleiter. — Anstelle der vorgenannten Schalter oder parallel dazu kann auch jeweils ein Kondensator angeordnet sein, der den Meßleiter ständig wechselstrommäßig gegen Erde schaltet. Während der Ortungsmessung wird dadurch ein gegebenfalls über die Schadensstelle fließender Wechselstrom reduziert.

Alternativ zu der Meßschaltung gemäß Fig. 5 kann am Anfang der Kabelanlage eine Verknüpfung der Meßleiter und der geerdeten, nichtisolierten Leiter vorgesehen werden, wie sie in Fig. 11 dargestellt ist. Demzufolge kann man zwei Meßwiderstände gemeinsam mit dem einen Pol der Spannungsquelle und den dritten Meßwiderstand und die nichtisolierten, geerdeten Leiter der drei Kabeladern mit dem anderen Pol der Spannungsquelle verbinden. Dabei kann selbstverständlich auch eine Zuordnung gewählt werden, wie sie in Fig. 12 dargestellt ist.

Bei einer Schaltung gemäß Fig. 11 bzw. Fig. 12 errechnet sich der Fehlerort nach einer anderen Gleichung als für die Schaltung gemäß den Fig. 2 und 5, jedoch ergibt sich diese Gleichung aus den einschlägig bekannten Rechenoperationen zur Erfassung eines Widerstandsnetzwerkes.

Patentansprüche

1. Meßschaltung zum Erfassen und Orten eines Wassereintrittes an einem Rohr oder einem elektrischen Kabel, unter dessen Mantel ein mit einer Feuchtigkeitsempfindlichen Isolierung versehener elektrischer Meßleiter und ein nichtisolierter Leiter angeordnet sind und bei dem der Meßleiter und dem nichtisolierten Leiter ein gegenüber dem Meßleiter feuchtigkeitsunempfindlich isolierter Hilfsleiter zugeordnet ist, wobei der Meßleiter und der nichtisolierte Leiter einen Wassersensor bilden, der Meßleiter und der Hilfsleiter am Ende des Kabels oder Rohres miteinander verbunden sind und der Meßleiter, der Hilfsleiter und der nichtisolierte Leiter am Anfang des Rohres oder Kabels an eine Meßanordnung angeschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßleiter (ML) und der Hilfsleiter (HL) am Ende des Rohres oder Kabels jeweils über einen Abschlußwiderstand (R_A) auf einen gemeinsamen Belastungswiderstand (R_B) geschaltet sind, der seinerseits mit dem nichtisolierten Leiter (EL) verbunden ist, und daß

— am Anfang des Rohres oder Kabels der Meßleiter (ML) und der Hilfsleiter (HL) jeweils mit einem Meßwiderstand (R_M) beschaltet

— und die beiden Meßwiderstände (R_M) und der nichtisolierte Leiter (EL) in beliebiger Kombination mit den beiden Polen einer Spannungsquelle (U) verbunden sind (Fig. 7, Fig. 8)

— oder beide Meßwiderstände (R_M) mit dem nichtisolierten Leiter (EL) verbunden sind und der Meßleiter (ML₁) und der nichtisolierte Leiter (EL₁) innerhalb des Rohres oder Kabels die beiden Pol einer durch Feuchtigkeitseinwirkung aktivierbaren Spannungsquelle (U_i) bilden

(Fig. 9).

2. Meßschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hilfsleiter in einem parallel zum erstgenannten Rohr oder Kabel angeordneten zweiten Rohr oder Kabel angeordnet und als Meßleiter (ML₂) mit einer feuchtigkeitsempfindlichen Isolierung ausgebildet ist und daß in diesem zweiten Rohr oder Kabel ebenfalls ein nichtisolierter Leiter (EL₂) angeordnet ist, der am Anfang und am Ende des zweiten Rohres oder Kabels mit dem nichtisolierten Leiter (EL₁) des erstgenannten Rohres oder Kabels verbunden ist (Fig. 10).
3. Meßschaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu dem ersten und dem zweiten Rohr oder Kabel ein drittes Rohr oder Kabel angeordnet ist, unter dessen Mantel ein feuchtigkeitsempfindlicher Meßleiter (ML₃) und ein nichtisolierter Leiter (EL₃) angeordnet sind, daß der dritte Meßleiter am Anfang des Rohres oder Kabels ebenfalls mit einem Meßwiderstand (RM₃) beschaltet und am Ende des Rohres oder Kabels ebenfalls mit einem Abschlußwiderstand (RA₃) beschaltet und dieser Abschlußwiderstand auf den gemeinsamen Belastungswiderstand (R_B) der beiden erstgenannten Rohre oder Kabel geschaltet ist, wobei der nichtisolierte Leiter (EL₃) am Anfang und am Ende des Rohres oder Kabels mit den nichtisolierten Leitern (EL₁, EL₂) der beiden anderen Rohre oder Kabel verbunden ist, und daß der Meßwiderstand (RM) des dritten Meßleiters ebenfalls mit einem der beiden Pole der Spannungsquelle (U) bzw. mit dem nichtisolierten Leiter (EL) verbunden ist (Fig. 1, Fig. 4).
4. Meßschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der bzw. die nichtisolierten Leiter (EL) am Anfang und/oder am Ende des Rohres oder Kabels bzw. der Rohr- oder Kabelanlage geerdet sind (Fig. 1 bis 6).
5. Meßschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Meßwiderstand (RM) einerseits mittels eines Ruhekontaktes (a, b, c) eines Relais (A, B, C) gegen den nichtisolierten Leiter (EL) des jeweiligen Wassersensors und andererseits unter Zwischenschaltung des Relais (A, B, C) gegen einen Spannungseinspeisungspunkt (U) geschaltet ist (Fig. 4).
6. Meßschaltung nach Anspruch 5 für eine mehradrige Kabelanlage, dadurch gekennzeichnet, daß am Anfang und am Ende jeder Kabelader zwischen dem Meßleiter (ML) und dem nichtisolierten Leiter (EL) jedes Wassersensors ein Überspannungsableiter (ÜA) geschaltet ist (Fig. 1, Fig. 4).
7. Meßschaltung nach Anspruch 5, bei der alle Meßwiderstände gemeinsam an den einen Pol der Spannungsquelle geschaltet sind, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Meßwiderständen (RM) und der Spannungsquelle (U) ein Relais (A) angeordnet ist und daß ein Ruhekontakt (a) dieses Relais (A) die Meßwiderstände (RM) mit den nichtisolierten Leitern (EL) der Wassersensoren verbindet (Fig. 1).

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

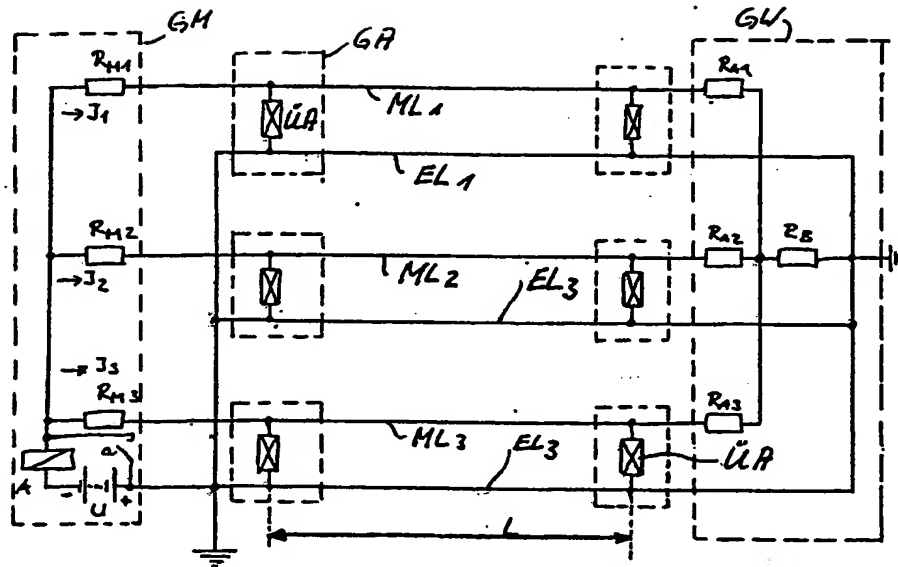


FIG 1

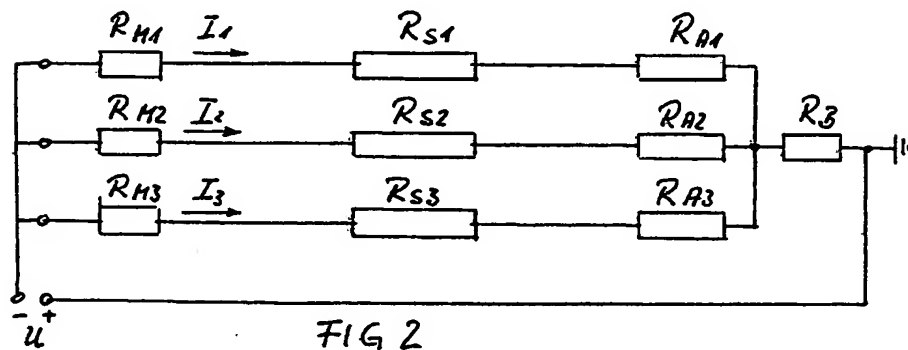


FIG 2

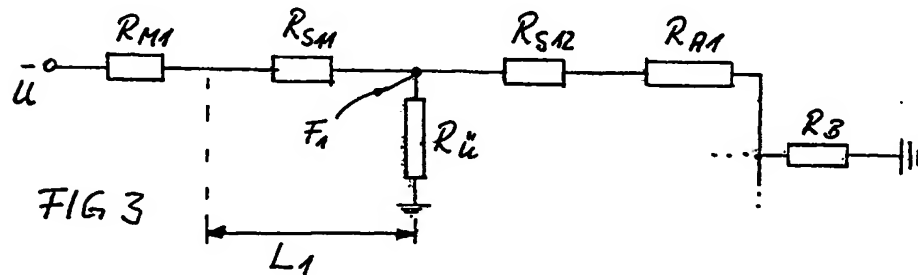


FIG 3

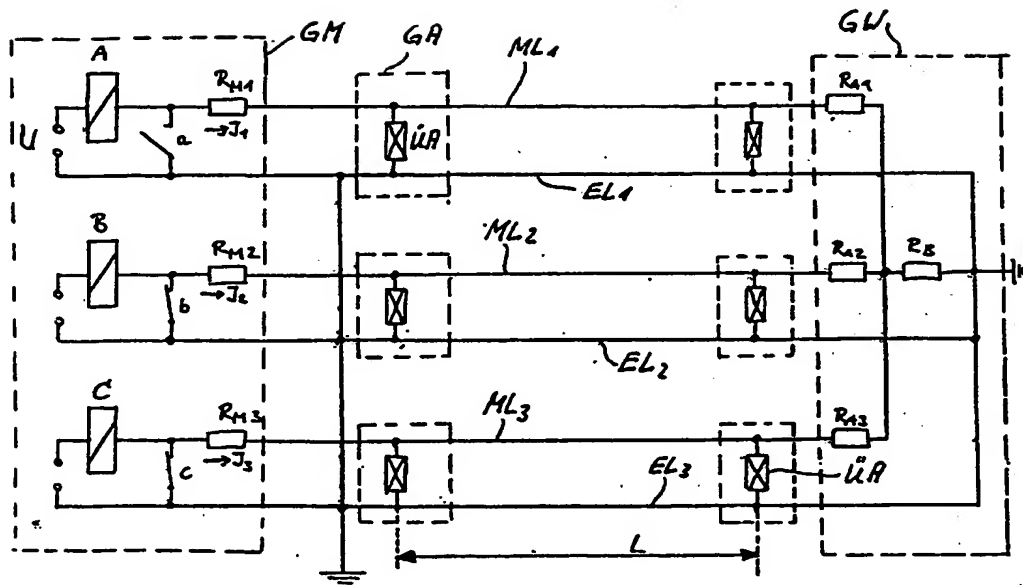


FIG 4

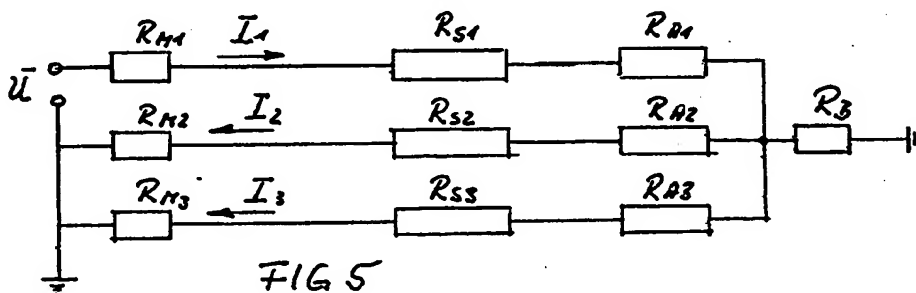


FIG 5

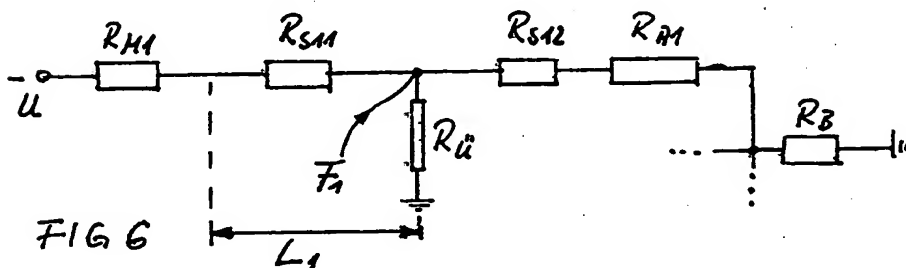


FIG 6

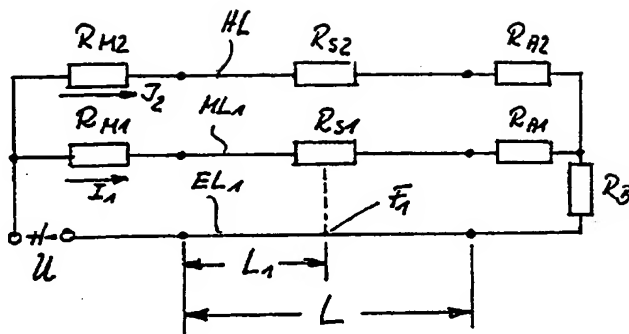


FIG 7

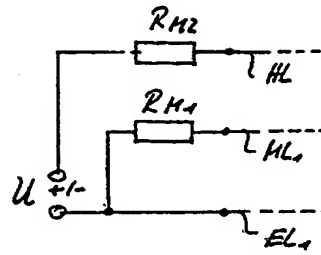


FIG 8

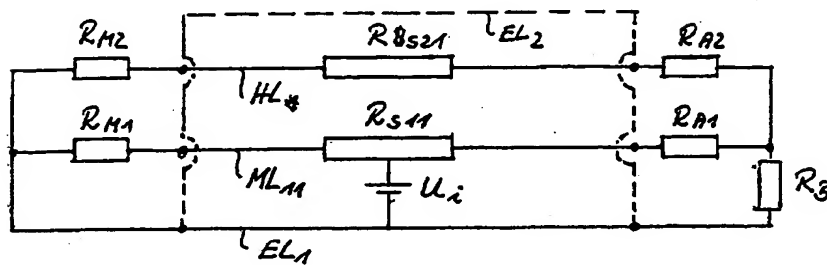


FIG 9

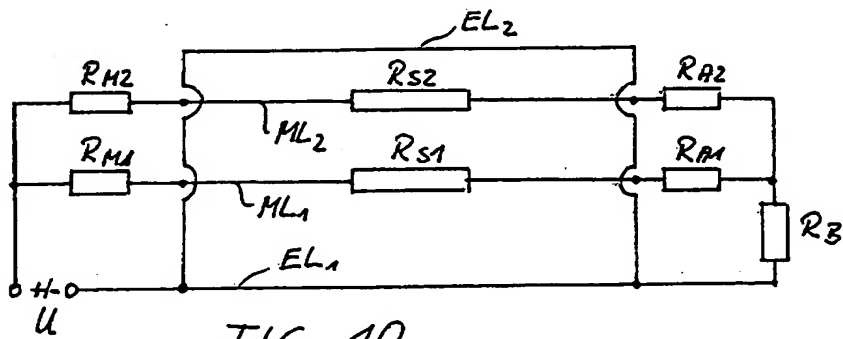


FIG 10

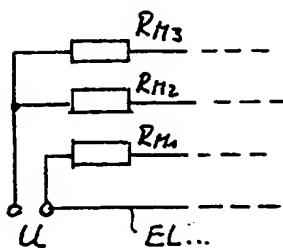


FIG 11

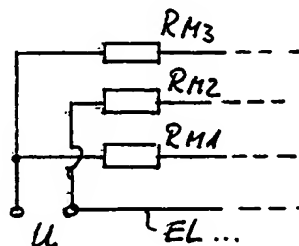


FIG 12